

室内甲醛污染

杨旭

华中师范大学生命科学学院环境生物医学实验室



甲醛是一种空气污染物,在我国室内环境中广泛存在。甲醛同时也是一种重要的化工原料,职业暴露情况非常广泛。在过去的30年里,中国经历了快速的经济增长并急剧增加了对工业甲醛的需求,2004年就已超过美国成为了工业甲醛最大的生产和消费国。伴随生产和消费的增加,污染渐趋严重。我国政府已实施了一系列标准和规范来管控室内甲醛污染,取得一定的成效,但是成效仍然有限。如何防控室内甲醛污染所带来的健康危害是摆在我国环境医学和卫生工作者面前的一项重任。

1 从“跨世纪之争”到“终审判决”

人类对甲醛的认识起源于1859年,俄国化学家A.M. Butlerov首次发现并记载了甲醛,他的研究包括合成了一种甲醛聚合物六次甲基四胺(hexamethylenetetramine)。9年之后,德国化学家A. W. Hoffmann从甲醇中提炼出了甲醛,并且将它定义为醛类化合物的第一个成员。自1908~1975年之间,世界范围内出版了8本关于甲醛的专著,这些专著主要是用于甲醛的化学工业研究^[1]。

甲醛的毒性的研究始于1957年,英国进行了一次气态甲醛对人体健康影响的试验:12名男性健康成年受试者(18~45岁)在100立方米的环境气候舱中,暴露于17 mg/m³的空气甲醛30分钟,出现鼻腔和眼部的刺激感觉^[2];1972~1974年美国国立职业卫生和安全研究所(National Institute for Occupational Health and Safety, NIOSH)组织进行了一次职业危害普查,调查了5000多个独立的工作场所,发现至少396种工业环境中存在甲醛。根据这次调查所发现的刺激、嗅觉和睡眠困难的症状,NIOSH提出第一个职业甲醛暴露的标准(1 ppm)^[3]。

1975年左右,尿醛泡膜材料作为一种新型的隔热材料在西方世界得到迅速广泛的应用,不久之后,住在这种住宅的居民中出现了甲醛的主诉,从而掀起了对这个问题的高度重视和研究。随后,美国化学工业毒理学研究所(Chemical Industry Institute of Toxicology)报道了甲醛引起的刺激和头痛症状^[4]。1978年6月在CIIT的资助下,开展了一项长达2年的致癌性毒理学研究(Fischer-334大鼠和B6C3F1小鼠,吸入式染毒,剂量为2、6、15 ppm,每周5天,每天6小时,18个月),在剂量为15 ppm的Fischer-334大鼠组中,发现鼻腔鳞状细胞癌

的高发病率^[5]。自此开始气态甲醛的暴露是否可以致癌?是否可以导致白血病?就成为一项“跨世纪之争”。

2002年世界卫生组织(WHO)发表了Concise International Chemical Assessment Document 40: Formaldehyde^[6],在这个文件中以R.G. Liteplo为首的专家组,引用了大量的参考文献(共计413篇),全面总结了1978年以来对甲醛的人群流行病学研究和毒理学研究成果,建议将甲醛从AII类(人类可疑致癌物)清单提升到AI类(人类致癌物)清单。2004年6月15日WHO下属的国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)发布新闻公报IARC Classifies Formaldehyde as Carcinogenic to Humans^[7],正式将甲醛调整为AI类化合物。在该公报中明确指出,甲醛是人类致癌物,可以导致人类鼻部癌症的发生,但是能否导致人类白血病还不清楚。由于美国甲醛工业界的质疑,WHO-IARC再次组织专家评审,在2006年的IARC报告^[8]IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 88: Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol中重申了2004年公报中的结论。

2011年6月美国国立毒理学项目(National Toxicology Program, NTP)发表了第12版致癌物报告(Report on Carcinogens, Twelfth Edition)^[9],明确提出甲醛也是人群白血病致病原。此报告得到美国甲醛工业界的巨大反弹,他们联合一部分美国和欧洲的学者,多次向美国国会上诉。为此,美国国会指定国家研究委员会(National Research Council, NRC)组织专门班子对第12版致癌物报告进行重审,其成员还包括来自美国科学院、美国工程院和美国医学科学院的专家。重审报告^[10]Review of the Formaldehyde Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens于2014年8月8日公布,在长达181页的报告中,重申了对甲醛致白血病的“原判”,可以说这是一次对甲醛致癌和致白血病跨世纪之争的“终审判决”,这是人类历史上关于致癌物判定的极为罕见的事件。

2 室内甲醛污染现状及危害

我们根据全国各地的调查资料分析:我国城市新装修的住房中甲醛的平均浓度为0.231 mg/m³,城市办公楼室内甲醛的平均浓度为0.192 mg/m³,公共场所室内甲醛的浓度为0.149 mg/m³,室外环境中甲醛平均浓度为0.021 mg/m³。因此,新装修住宅的居民在工作日(假定:室外4小时;住房

室内12小时；办公室室内8小时）的甲醛个体暴露水平估计值为0.183 mg/m³；而周末（假定：室外6小时；住房室内14小时；公共场所室内4小时）的甲醛个体暴露水平估计值为0.178 mg/m³。

室内的甲醛的来源包括：室内使用含有工业甲醛产品（安全性不合格的人造板材、家具、粘胶、纺织品、油漆、涂料、化妆品、清洁剂、油墨等），环境烟草烟雾，室内燃气的使用，室内使用燃香（包括蚊香、棒香、线香）等。

甲醛的健康影响主要包括：具有臭味和刺激性、可以导致眼鼻咽部的炎症、诱发鼻部的癌症（例如鼻咽癌等）和白血病、易化过敏性哮喘的发生、高浓度水平时可以导致急性中毒。

3 研究展望

尽管甲醛已经被认定为白血病致病原，但是其致病的病理学分子机制仍然不够清楚，这种情况十分不利于室内甲醛所致健康危害的防治。我们实验室在这个方面虽然已经取得了一定的成绩，已有7篇论文14次被Review of the Formaldehyde Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens正面引用，但是离“搞清楚”还相差甚远。最值得我们关注的是，与发达国家不同，我国的室内甲醛污染至今仍然十分严重，对我国广大公众健康的危害仍在持续。

除了甲醛致白血病的分子机制有待探索之外，甲醛易化哮喘的作用、甲醛与细微颗粒物（PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{0.1}）的联合毒性、吸入甲醛所致的氧化应激和氧化损伤都值得深入研究。

作者简介

杨旭，教授、博士生导师。现任华中师范大学环境生物医学实验室主任。主要学术任职包括国际室内空气科学院会士（Fellow of the International Academy of Indoor Air Science）、中国环境科学学会室内环境与健康分会主任委员、《生态毒理学报》副主编、中国预防

医学会环境卫生学分会委员、中国环境科学学会环境医学与健康分会委员、国际室内空气质量与气候学会（ISIAQ）会员。所领导的研究团队自1995年以来在学术期刊或学术会议上发表甲醛毒性研究论文100多篇，其中1篇2次被美国NTP的Report on Carcinogens, Twelfth Edition (2011)正面引用；同时有7篇14次被美国NRC的Review of the Formaldehyde Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens (2014)正面引用。为澄清甲醛是否致癌致白血病的跨世纪之争做出了一定的贡献。

参考文献

- [1] Golberg L. (1983) Foreword. In “Chemical Industry Institute of Toxicology Series: Formaldehyde Toxicity” edited by James E. Gibson, Hemisphere Publishing Corporation, Washington. xvii–xix
- [2] Andersen L, Molhave L. (1983) Chapter 14: Controlled Human Studies with Formaldehyde. In “Chemical Industry Institute of Toxicology Series: Formaldehyde Toxicity” edited by James E. Gibson, Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 154–165
- [3] Fronies JR. (1983) Chapter 13: Human Studies with Formaldehyde: Introduction. In “Chemical Industry Institute of Toxicology Series: Formaldehyde Toxicity” edited by James E. Gibson, Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 151–153
- [4] Newell GW. (1983) Chapter 1: Overview of Formaldehyde. In “Chemical Industry Institute of Toxicology Series: Formaldehyde Toxicity” edited by James E. Gibson, Hemisphere Publishing Corporation, Washington. 3–12
- [5] Gibson JE. (1983) Preface. In “Chemical Industry Institute of Toxicology Series: Formaldehyde Toxicity” edited by James E. Gibson, Hemisphere Publishing Corporation, Washington. xxi–xxii
- [6] WHO. (2002) Concise International Chemical Assessment Document 40: Formaldehyde. <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm> (till 2014-10-03)
- [7] WHO-IARC. (2004) Press Release: IARC Classifies Formaldehyde as Carcinogenic to Humans. <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html> (till 2014-10-03)
- [8] WHO-IARC. (2006) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 88: Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol, Lyon, France.
- [9] US-NTP. (2011) Report on Carcinogens, Twelfth Edition <http://www.docin.com/p-393275928.html> (till 2014-10-03)
- [10] US-NRC. (2014) Review of the Formaldehyde Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18948 (till 2014-10-03)



EHP 双酚A专辑 (英文)

双酚A (BPA)是全球生产量最大的化学品之一，在我们生活的环境中无处不在。许多研究表明，双酚A在体外和体内均有雌激素活性，因而引起了毒理学研究人员和执法机构的高度关注。

为了满足读者的需求，我们将2007~2011年间在EHP发表的有关双酚A文章编纂成专辑。它包括了几十篇与双酚A相关的评论、回顾以及研究论文的摘要，每个标题均链接到EHP网站上的全文。专辑分为四部分：毒理学、流行病学、暴露、监管科学。

EHP 双酚A专辑可免费下载。
请登陆 www.ehponline.org/collections

